

# **MEMORIAS DE ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL**

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA LEONA**

**CAJAMARCA - TOLIMA**

**NSR-10**



**NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO  
RESISTENTE**

**DISEÑÓ:**

**Tanque de almacenamiento de agua potable**

**ANDREA CAROLINA CHAPARRO TARAZONA**

**INGENIERA CALCULISTA**

**TP 68202-230332 STD**

**DICIEMBRE DE 2018**

# ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE.

Con el fin de valorar el nivel de esfuerzos internos y los desplazamientos sísmicos de la estructura se elaboró un modelo tridimensional para cada zona dentro de la estructura del Colegio, que como bien se mencionó está conformada por estructuras independientes. El Modelo numérico del tanque se elabora en un software de cálculo utilizando elementos finitos tipo Shell.

Para la consideración de la placa de fondo del tanque, se realizó el cálculo del módulo de balastro del suelo, como parámetro para establecer los apoyos tipo spring. Este cálculo se realiza considerando la capacidad de carga admisible, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$k \left( \frac{KN}{m^3} \right) = 40 \cdot FS \cdot \sigma_{adm} (kPa)$$

Las consideraciones de diseño contempladas para el tanque de almacenamiento han sido tomadas del resumen de SIKA, basado en las siguientes normas que regulan el diseño de estructuras de concreto para contener líquidos:

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10
- Code requirements for environmental engineering concrete structures (ACI 350M-06) and Commentary.
- Seismic Design of liquid –Containing Concrete Structures and Commentary (ACI 350.3-06)

## 1. PARÁMETROS INICIALES:

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	
Densidad del suelo=	1,70 Ton/m <sup>3</sup>
Coef.de presión activo Ka=	0,256
Capacidad admisible	149,46 kPa
FS	2
k (coeficiente balastro)	11956,80 KN/m <sup>3</sup>

DIMENSIONES DEL TANQUE	
Largo (L)	3,30 m
Ancho (B)	3,30 m
Alto (h)	4,55 m
Altura de la tapa	0,25 m
Espesor del muro	0,30 m

CONDICIONES DEL TANQUE	
Factor de importancia tabla	1,25
Factor de modificación Ri	3
Factor de modificación Rc	1

REFUERZO DEL TANQUE	
Separación de las barras	150,00 mm
Recubrimiento del acero	75,00 mm
Diametro de la barra	12,70 mm

CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO	
Altura del agua	4,0m
Densidad del liquido	1,00 Ton/m <sup>3</sup>

Tabla 4.1.1 (a) Factor de Importancia I

	Uso del tanque	Factor I
III	Tanques con contenido peligroso	1.5
II	Tanques que deben seguir en uso por razones de emergencia después de un sismo o tanques que son parte de sistemas vitales	1.25
I	Tanques no incluidos en las categorías II o III	1

Tabla 4.1.1 (b) Factor de modificación de Respuesta

Tipo de Estructura	$R_i$		$R_c$
	Superficial	Enterrado	
Tanques con base flexible, anclados	3.25	3.25	1
Tanques base fija o articulada	2	3	1
Tanques con base restringida o no restringida, sin anclar	1.5	2	1
Tanques sobre pedestales	2		1

Tabla No 1-1 Factor de importancia según uso de tanque. Fuente: ACI 350.3-06

### 1.1 MODELO TRIDIMENSIONAL DEL TANQUE

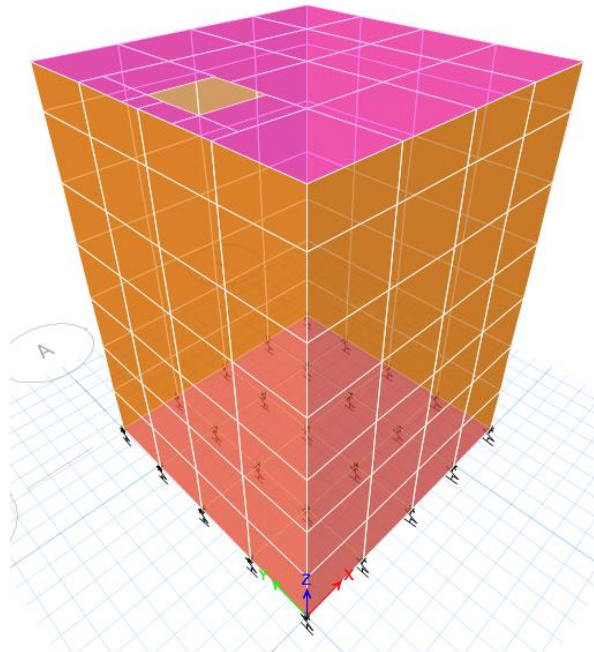


Figura No 1-1 Modelo tridimensional en elementos finitos tanque de agua.

## 2. CARGAS

### 2.1. CARGAS GRAVITACIONALES

CARGA MUERTA PARA ALMACENAMIENTO LIVIANO	0,15 Ton/m <sup>2</sup>
CARGA VIVA	0,60 Ton/m <sup>2</sup>

Tabla No 1-2 Avalúo de cargas placa tapa del tanque

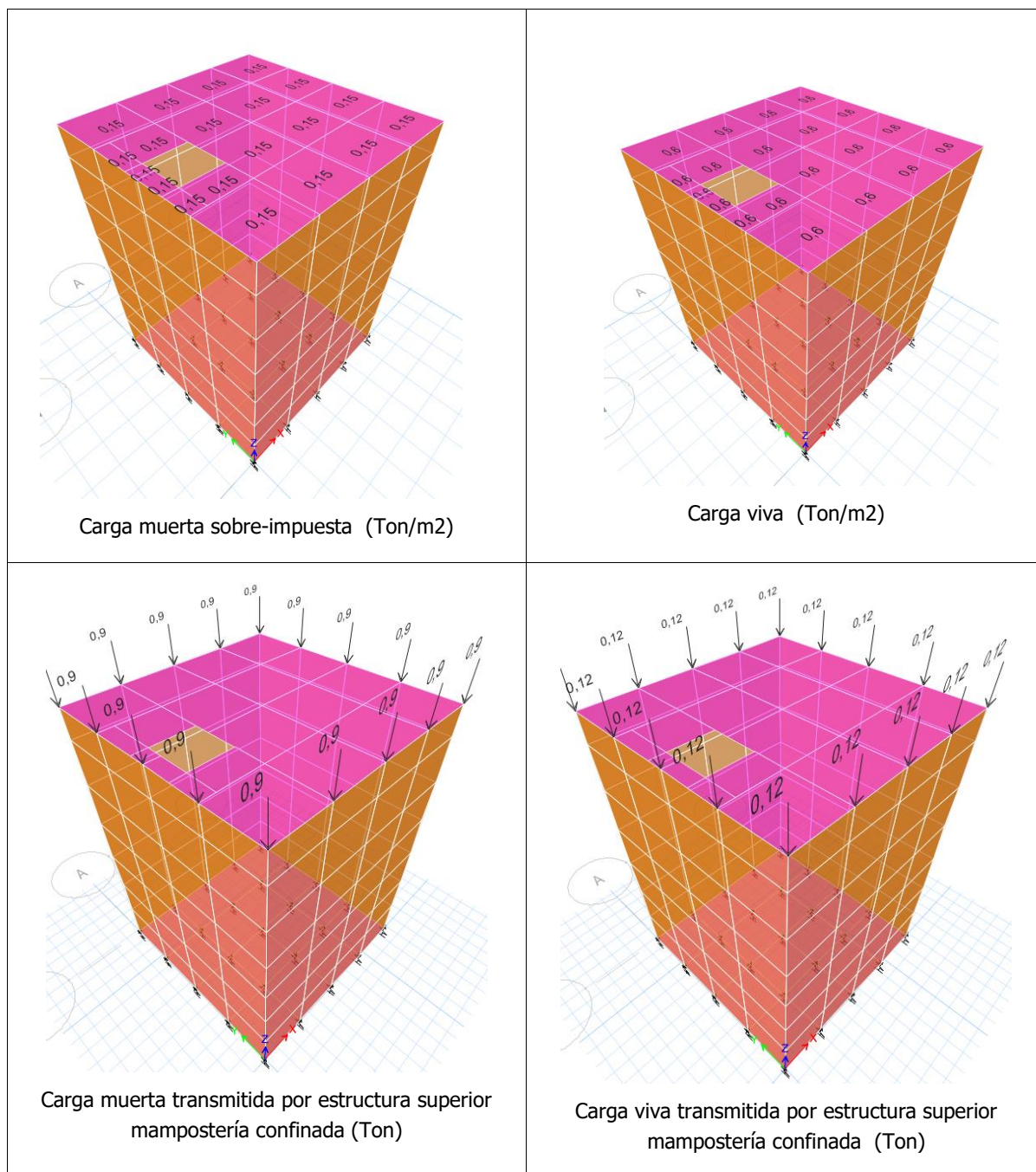
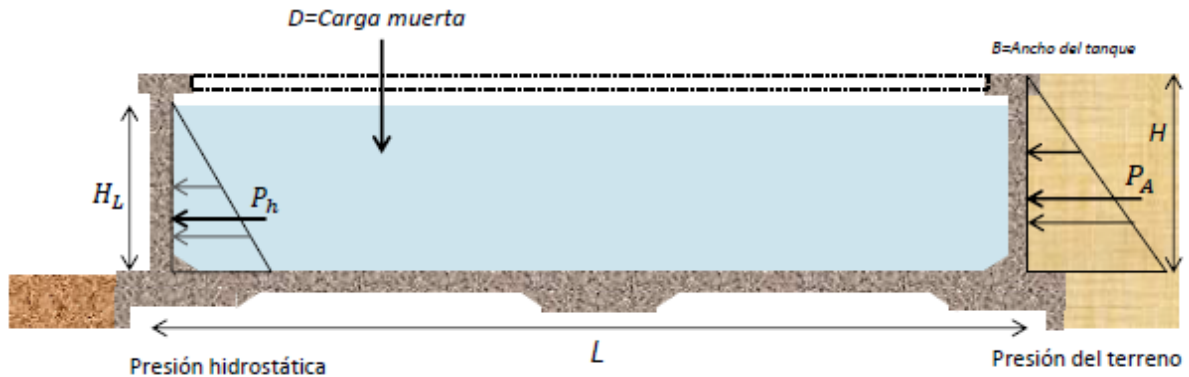


Figura No 1-2 Aplicación de cargas gravitacionales a modelo numérico del tanque de agua.

## 2.2. CARGAS POR PRESIONES ESTÁTICAS



Se realizó el cálculo de la presión hidrostática y el empuje del terreno a la altura inicial y final de la aplicación de estas cargas distribuidas.

<table> <tr> <th colspan="2">Presión hidrostática. Ph.</th></tr> <tr> <td>Densidad del liquido=</td><td>1,00 Ton/m<sup>3</sup></td></tr> <tr> <td>Altura de cálculo desde la base=</td><td>,0m</td></tr> <tr> <td>Presión hidrostática. Ph=</td><td>4,00 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN LA BASE DEL TANQUE</p>	Presión hidrostática. Ph.		Densidad del liquido=	1,00 Ton/m <sup>3</sup>	Altura de cálculo desde la base=	,0m	Presión hidrostática. Ph=	4,00 Ton/m <sup>2</sup>	<table> <tr> <th colspan="2">Presión hidrostática. Ph.</th></tr> <tr> <td>Densidad del liquido=</td><td>1,00 Ton/m<sup>3</sup></td></tr> <tr> <td>Altura de cálculo desde la base=</td><td>4,0m</td></tr> <tr> <td>Presión hidrostática. Ph=</td><td>0,00 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>PRESIÓN HIDROSTÁTICA A H: 4.00 m.</p>	Presión hidrostática. Ph.		Densidad del liquido=	1,00 Ton/m <sup>3</sup>	Altura de cálculo desde la base=	4,0m	Presión hidrostática. Ph=	0,00 Ton/m <sup>2</sup>				
Presión hidrostática. Ph.																					
Densidad del liquido=	1,00 Ton/m <sup>3</sup>																				
Altura de cálculo desde la base=	,0m																				
Presión hidrostática. Ph=	4,00 Ton/m <sup>2</sup>																				
Presión hidrostática. Ph.																					
Densidad del liquido=	1,00 Ton/m <sup>3</sup>																				
Altura de cálculo desde la base=	4,0m																				
Presión hidrostática. Ph=	0,00 Ton/m <sup>2</sup>																				
<table> <tr> <th colspan="2">Fuerza empuje terreno. Pa.</th></tr> <tr> <td>Densidad del suelo=</td><td>1,70 Ton/m<sup>3</sup></td></tr> <tr> <td>Coef.de presión activo Ka=</td><td>0,256</td></tr> <tr> <td>Altura de cálculo desde la base=</td><td>,0m</td></tr> <tr> <td>Presión empuje terreno. Pa=</td><td>1,98 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>EMPUJE DE TERRENO EN LA BASE DEL TANQUE</p>	Fuerza empuje terreno. Pa.		Densidad del suelo=	1,70 Ton/m <sup>3</sup>	Coef.de presión activo Ka=	0,256	Altura de cálculo desde la base=	,0m	Presión empuje terreno. Pa=	1,98 Ton/m <sup>2</sup>	<table> <tr> <th colspan="2">Fuerza empuje terreno. Pa.</th></tr> <tr> <td>Densidad del suelo=</td><td>1,70 Ton/m<sup>3</sup></td></tr> <tr> <td>Coef.de presión activo Ka=</td><td>0,256</td></tr> <tr> <td>Altura de cálculo desde la base=</td><td>4,6m</td></tr> <tr> <td>Presión empuje terreno. Pa=</td><td>0,00 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>EMPUJE TERRENO A H: 4.55 m.</p>	Fuerza empuje terreno. Pa.		Densidad del suelo=	1,70 Ton/m <sup>3</sup>	Coef.de presión activo Ka=	0,256	Altura de cálculo desde la base=	4,6m	Presión empuje terreno. Pa=	0,00 Ton/m <sup>2</sup>
Fuerza empuje terreno. Pa.																					
Densidad del suelo=	1,70 Ton/m <sup>3</sup>																				
Coef.de presión activo Ka=	0,256																				
Altura de cálculo desde la base=	,0m																				
Presión empuje terreno. Pa=	1,98 Ton/m <sup>2</sup>																				
Fuerza empuje terreno. Pa.																					
Densidad del suelo=	1,70 Ton/m <sup>3</sup>																				
Coef.de presión activo Ka=	0,256																				
Altura de cálculo desde la base=	4,6m																				
Presión empuje terreno. Pa=	0,00 Ton/m <sup>2</sup>																				

Tabla No 1-3 Evaluación de presiones estáticas sobre el tanque de almacenamiento.

Se consideró en uno de los casos de carga la presencia de nivel freático a 55 cm por debajo del nivel de la superficie, aun cuando el estudio de suelos no evidenció presencia de este.

## 2.3. CARGAS DINÁMICAS

De acuerdo a las consideraciones del método de Housner y a los requisitos estipulados por el Código ACI 350.3-06, se realizó el análisis dinámico de la estructura considerando 4 cargas de origen sísmico por la interacción entre la estructura y el líquido contenido:

- PRESIÓN IMPULSIVA
- PRESIÓN CONVECTIVA
- PRESIÓN HIDRÓDINÁMICA.



- FUERZA INERCIAL LATERAL DE LOS MUROS Y LA CUBIERTA.

## ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA CONTENER LÍQUIDOS

### CARGAS DINÁMICAS DE DISEÑO

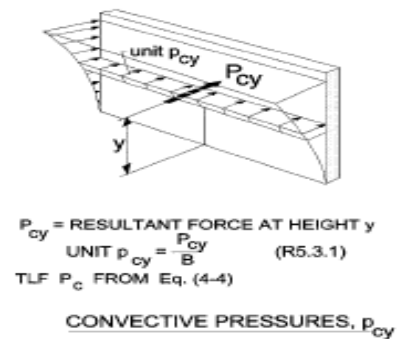
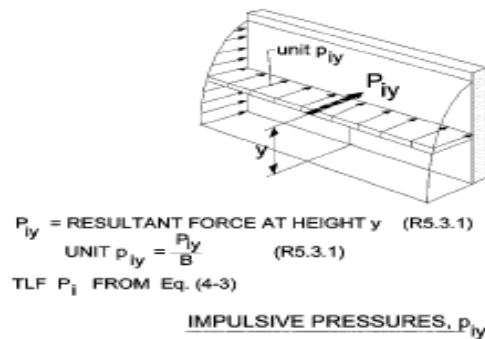
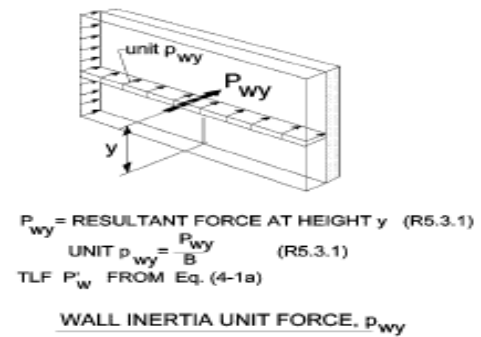
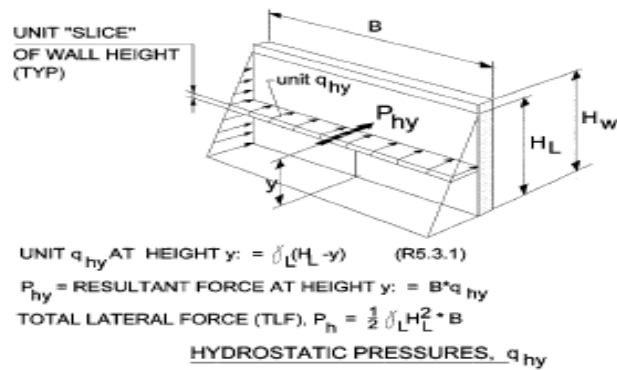
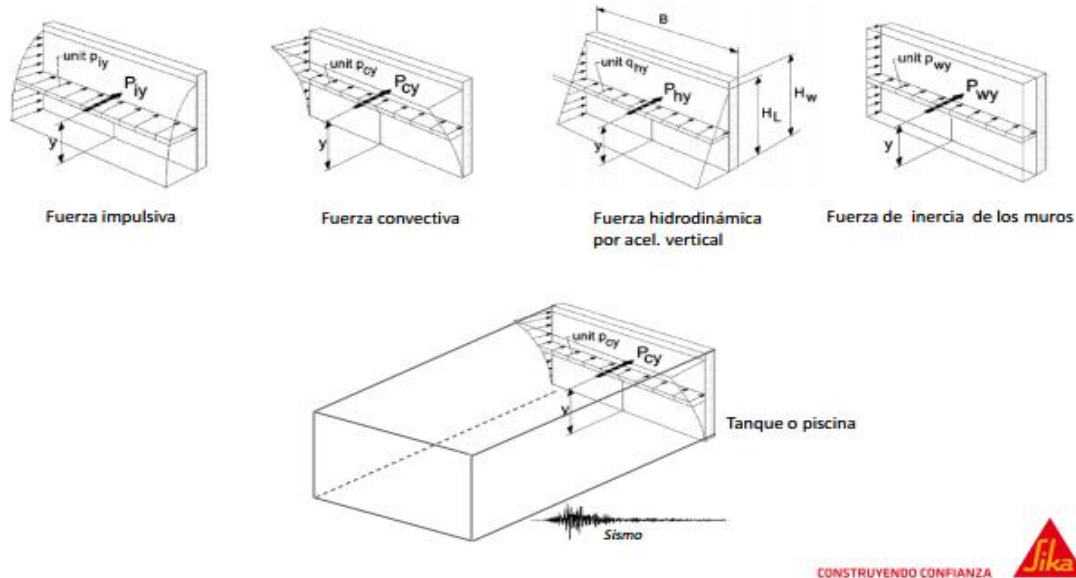


Figura No 1-3 Cargas dinámicas de diseño. Fuente: Sika: Consideraciones de Diseño y Construcción para tanques y piscinas.

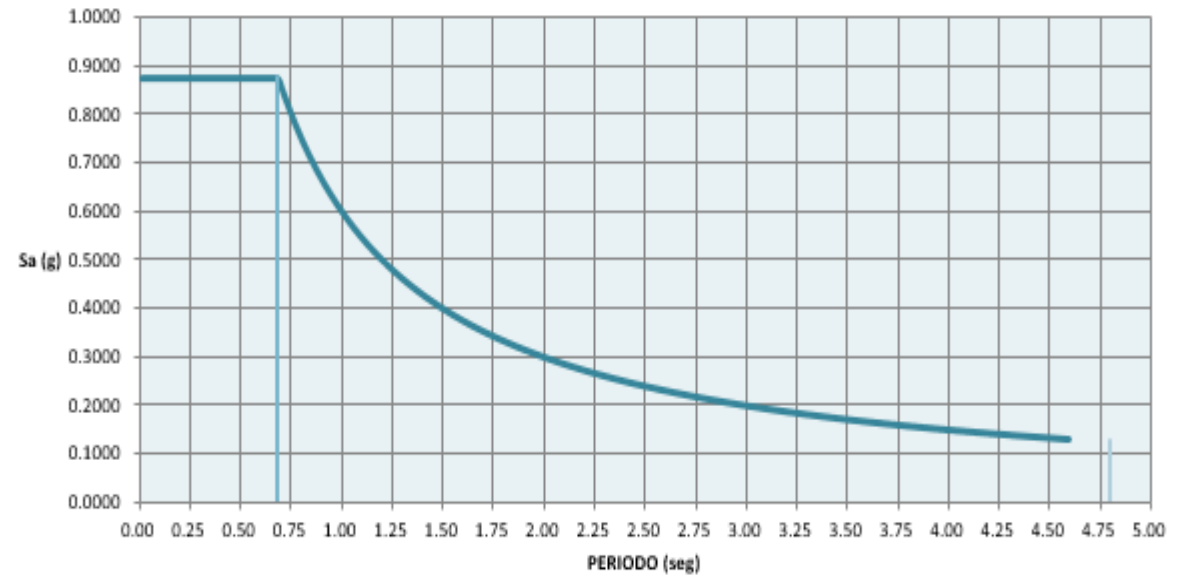
PROYECTO: COLEGIO LA LEONA - RESTAURANTE  
NORMA DE DISEÑO: NSR-10

#### AJUSTE ANÁLISIS MODAL A FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE - DATOS GENERALES

PARÁMETROS ESPECTRO	
Grupo de uso:	III
Perfil de suelo:	D
Aa:	0.2
Av:	0.2
Fa:	1.4
Fv:	2
I	1.25

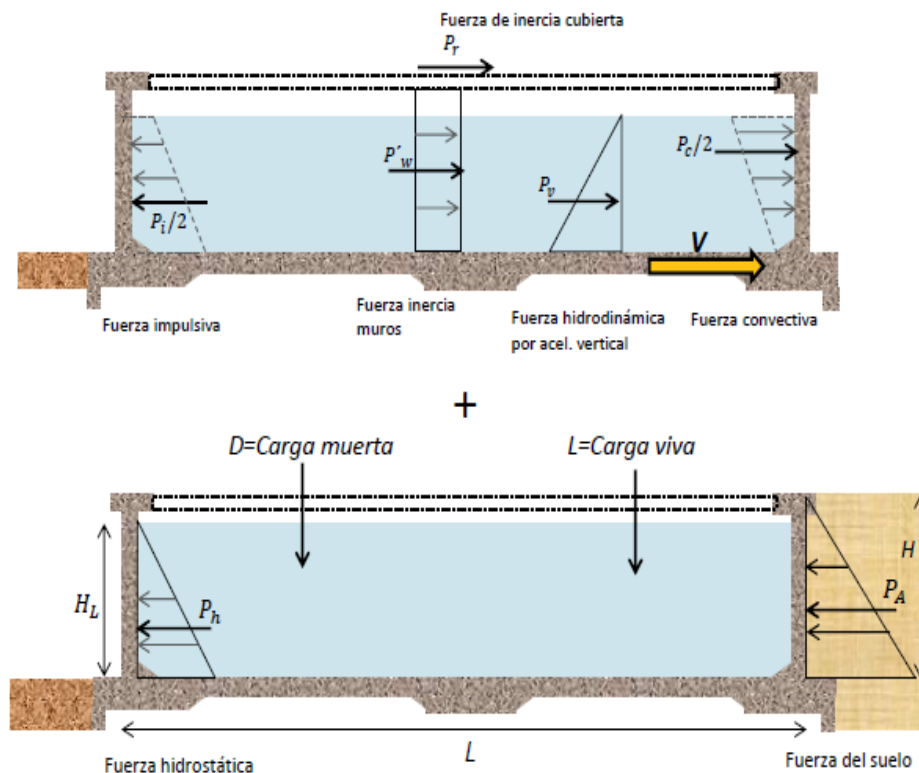
A.2.5  
A.2.4.4  
A.2.2  
A.2.2  
A.2.4.5  
A.2.4.5  
A.2.5

VALORES DE PERIODOS ESPECTRO DE DISEÑO	
T <sub>0</sub> : [s]	0.143
T <sub>c</sub> : [s]	0.686
T <sub>i</sub> : [s]	4.800



El análisis dinámico fue realizado teniendo en cuenta el espectro correspondiente a la ciudad de Cajamarca, Tolima.

Dado que el largo y el ancho del tanque es igual, se presenta el cálculo de las presiones dinámicas en uno solo de los muros.



Fuerza impulsiva en el muro corto. $P_i$	
Factor de importancia	1,25
Factor de modificación $R_i$	3
Peso masa agua impulsiva $w_i$	37,4 Ton
Coef. Sísmico $C_i$	0,875
Altura componente impulsiva $h_i$	1,69 m
Fuerza impulsiva. $P_i$	13,64 Ton
Altura de cálculo $y$	,0m
Presión impulsiva $p_{iy}$	2,50 Ton/m <sup>2</sup>

PRESIÓN IMPULSIVA EN LA BASE DEL TANQUE

Fuerza impulsiva en el muro corto. $P_i$	
Factor de importancia	1,25
Factor de modificación $R_i$	3
Peso masa agua impulsiva $w_i$	37,4 Ton
Coef. Sísmico $C_i$	0,875
Altura componente impulsiva $h_i$	1,69 m
Fuerza impulsiva. $P_i$	13,64 Ton
Altura de cálculo $y$	4,0m
Presión impulsiva $p_{iy}$	0,91 Ton/m <sup>2</sup>

PRESIÓN IMPULSIVA EN H:4.00 m



<table> <tr><th colspan="2">Fuerza convectiva en el muro corto. Pc</th></tr> <tr><td>Factor de importancia</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>Factor de modificación Rc</td><td>1</td></tr> <tr><td>Peso masa agua convect wc</td><td>9,48 Ton</td></tr> <tr><td>Altura componente convectiva hc</td><td>3 m</td></tr> <tr><td><math>\lambda</math></td><td>5,57</td></tr> <tr><td>Wc</td><td>3,06</td></tr> <tr><td>Tc</td><td>2,05 s</td></tr> <tr><td>Coefficiente sísmico Cc</td><td>1,313</td></tr> <tr><td>Fuerza convectiva . Pc</td><td>15,55 Ton</td></tr> <tr><td>Altura de cálculo y</td><td>,0m</td></tr> <tr><td>Presión convectiva pcy</td><td>-0,97 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>PRESIÓN CONVECTIVA EN LA BASE DEL TANQUE</p>	Fuerza convectiva en el muro corto. Pc		Factor de importancia	1,25	Factor de modificación Rc	1	Peso masa agua convect wc	9,48 Ton	Altura componente convectiva hc	3 m	$\lambda$	5,57	Wc	3,06	Tc	2,05 s	Coefficiente sísmico Cc	1,313	Fuerza convectiva . Pc	15,55 Ton	Altura de cálculo y	,0m	Presión convectiva pcy	-0,97 Ton/m <sup>2</sup>	<table> <tr><th colspan="2">Fuerza convectiva en el muro corto. Pc</th></tr> <tr><td>Factor de importancia</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>Factor de modificación Rc</td><td>1</td></tr> <tr><td>Peso masa agua convect wc</td><td>9,48 Ton</td></tr> <tr><td>Altura componente convectiva hc</td><td>3 m</td></tr> <tr><td><math>\lambda</math></td><td>5,57</td></tr> <tr><td>Wc</td><td>3,06</td></tr> <tr><td>Tc</td><td>2,05 s</td></tr> <tr><td>Coefficiente sísmico Cc</td><td>1,313</td></tr> <tr><td>Fuerza convectiva . Pc</td><td>15,55 Ton</td></tr> <tr><td>Altura de cálculo y</td><td>4,0m</td></tr> <tr><td>Presión convectiva pcy</td><td>4,86 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>PRESIÓN CONVECTIVA EN H: 4.00 m.</p>	Fuerza convectiva en el muro corto. Pc		Factor de importancia	1,25	Factor de modificación Rc	1	Peso masa agua convect wc	9,48 Ton	Altura componente convectiva hc	3 m	$\lambda$	5,57	Wc	3,06	Tc	2,05 s	Coefficiente sísmico Cc	1,313	Fuerza convectiva . Pc	15,55 Ton	Altura de cálculo y	4,0m	Presión convectiva pcy	4,86 Ton/m <sup>2</sup>
Fuerza convectiva en el muro corto. Pc																																																	
Factor de importancia	1,25																																																
Factor de modificación Rc	1																																																
Peso masa agua convect wc	9,48 Ton																																																
Altura componente convectiva hc	3 m																																																
$\lambda$	5,57																																																
Wc	3,06																																																
Tc	2,05 s																																																
Coefficiente sísmico Cc	1,313																																																
Fuerza convectiva . Pc	15,55 Ton																																																
Altura de cálculo y	,0m																																																
Presión convectiva pcy	-0,97 Ton/m <sup>2</sup>																																																
Fuerza convectiva en el muro corto. Pc																																																	
Factor de importancia	1,25																																																
Factor de modificación Rc	1																																																
Peso masa agua convect wc	9,48 Ton																																																
Altura componente convectiva hc	3 m																																																
$\lambda$	5,57																																																
Wc	3,06																																																
Tc	2,05 s																																																
Coefficiente sísmico Cc	1,313																																																
Fuerza convectiva . Pc	15,55 Ton																																																
Altura de cálculo y	4,0m																																																
Presión convectiva pcy	4,86 Ton/m <sup>2</sup>																																																
<table> <tr><th colspan="2">Presión hidrodinámica debido a la aceleración vertical. Pvy (en todos los muros)</th></tr> <tr><td>Coefficiente sísmico Ct</td><td>0,35</td></tr> <tr><td>Factor de modificación Ri</td><td>3</td></tr> <tr><td>Factor de importancia</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>Aceleración espectral vertical <math>\ddot{u}</math></td><td>0,18</td></tr> <tr><td>pvy</td><td>0,70 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>PRESIÓN HIDRODINÁMICA EN LA BASE DEL TANQUE</p>	Presión hidrodinámica debido a la aceleración vertical. Pvy (en todos los muros)		Coefficiente sísmico Ct	0,35	Factor de modificación Ri	3	Factor de importancia	1,25	Aceleración espectral vertical $\ddot{u}$	0,18	pvy	0,70 Ton/m <sup>2</sup>	<table> <tr><th colspan="2">Presión hidrodinámica debido a la aceleración vertical. Pvy (en todos los muros)</th></tr> <tr><td>Coefficiente sísmico Ct</td><td>0,35</td></tr> <tr><td>Factor de modificación Ri</td><td>3</td></tr> <tr><td>Factor de importancia</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>Aceleración espectral vertical <math>\ddot{u}</math></td><td>0,18</td></tr> <tr><td>pvy</td><td>0,00 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>PRESIÓN HIDRODINÁMICA EN H: 4.00 m.</p>	Presión hidrodinámica debido a la aceleración vertical. Pvy (en todos los muros)		Coefficiente sísmico Ct	0,35	Factor de modificación Ri	3	Factor de importancia	1,25	Aceleración espectral vertical $\ddot{u}$	0,18	pvy	0,00 Ton/m <sup>2</sup>																								
Presión hidrodinámica debido a la aceleración vertical. Pvy (en todos los muros)																																																	
Coefficiente sísmico Ct	0,35																																																
Factor de modificación Ri	3																																																
Factor de importancia	1,25																																																
Aceleración espectral vertical $\ddot{u}$	0,18																																																
pvy	0,70 Ton/m <sup>2</sup>																																																
Presión hidrodinámica debido a la aceleración vertical. Pvy (en todos los muros)																																																	
Coefficiente sísmico Ct	0,35																																																
Factor de modificación Ri	3																																																
Factor de importancia	1,25																																																
Aceleración espectral vertical $\ddot{u}$	0,18																																																
pvy	0,00 Ton/m <sup>2</sup>																																																
<table> <tr><th colspan="2">Fuerza inercial lateral del muro corto. P'w</th></tr> <tr><td>Factor de importancia</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>Coef. Sísmico Ci</td><td>0,875</td></tr> <tr><td>L/HL</td><td>0,825</td></tr> <tr><td><math>\epsilon</math></td><td>1</td></tr> <tr><td>Factor de modificación Ri</td><td>3</td></tr> <tr><td>Peso de los muros W'w</td><td>10,81 Ton</td></tr> <tr><td>Fuerza inercial lateral. P'w</td><td>3,94 Ton</td></tr> <tr><td>Presión p'w</td><td>0,26 Ton/m<sup>2</sup></td></tr> </table> <p>PRESIÓN POR FUERZA INERCIAL LATERAL DEBIDA AL PESO DE LOS MUROS</p>	Fuerza inercial lateral del muro corto. P'w		Factor de importancia	1,25	Coef. Sísmico Ci	0,875	L/HL	0,825	$\epsilon$	1	Factor de modificación Ri	3	Peso de los muros W'w	10,81 Ton	Fuerza inercial lateral. P'w	3,94 Ton	Presión p'w	0,26 Ton/m <sup>2</sup>	<table> <tr><th colspan="2">Fuerza inercial lateral de la cubierta. Pr</th></tr> <tr><td>Factor de importancia</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>Coef. Sísmico Ci</td><td>0,875</td></tr> <tr><td>Factor de modificación Ri</td><td>3</td></tr> <tr><td>Peso de la cubierta Wr</td><td>6,53 Ton</td></tr> <tr><td>Fuerza inercial lateral. Pr</td><td>2,38 Ton</td></tr> </table> <p>FUERZA INERCIAL LATERAL POR EL PESO DE LA CUBIERTA DEL TANQUE</p>	Fuerza inercial lateral de la cubierta. Pr		Factor de importancia	1,25	Coef. Sísmico Ci	0,875	Factor de modificación Ri	3	Peso de la cubierta Wr	6,53 Ton	Fuerza inercial lateral. Pr	2,38 Ton																		
Fuerza inercial lateral del muro corto. P'w																																																	
Factor de importancia	1,25																																																
Coef. Sísmico Ci	0,875																																																
L/HL	0,825																																																
$\epsilon$	1																																																
Factor de modificación Ri	3																																																
Peso de los muros W'w	10,81 Ton																																																
Fuerza inercial lateral. P'w	3,94 Ton																																																
Presión p'w	0,26 Ton/m <sup>2</sup>																																																
Fuerza inercial lateral de la cubierta. Pr																																																	
Factor de importancia	1,25																																																
Coef. Sísmico Ci	0,875																																																
Factor de modificación Ri	3																																																
Peso de la cubierta Wr	6,53 Ton																																																
Fuerza inercial lateral. Pr	2,38 Ton																																																

Tabla No 1-4 Evaluación de cargas dinámicas sobre el tanque de almacenamiento.

## 2.4. COMBINACIONES DE CARGA

COMBINACIONES DE CARGA SIN AFECTACIÓN POR DURABILIDAD			FS
COMB1	1,40 D + 1,40 F		1,84
COMB2	1,20 D + 1,20 F + 1,60 L + 1,60 H		1,84
COMB3	1,20 D + 1,20 F + 1,00 E + 1,60 H + 1,00 L		NA
COMB4	0,90 D + 1,20 F + 1,00 E + 1,60 H		NA

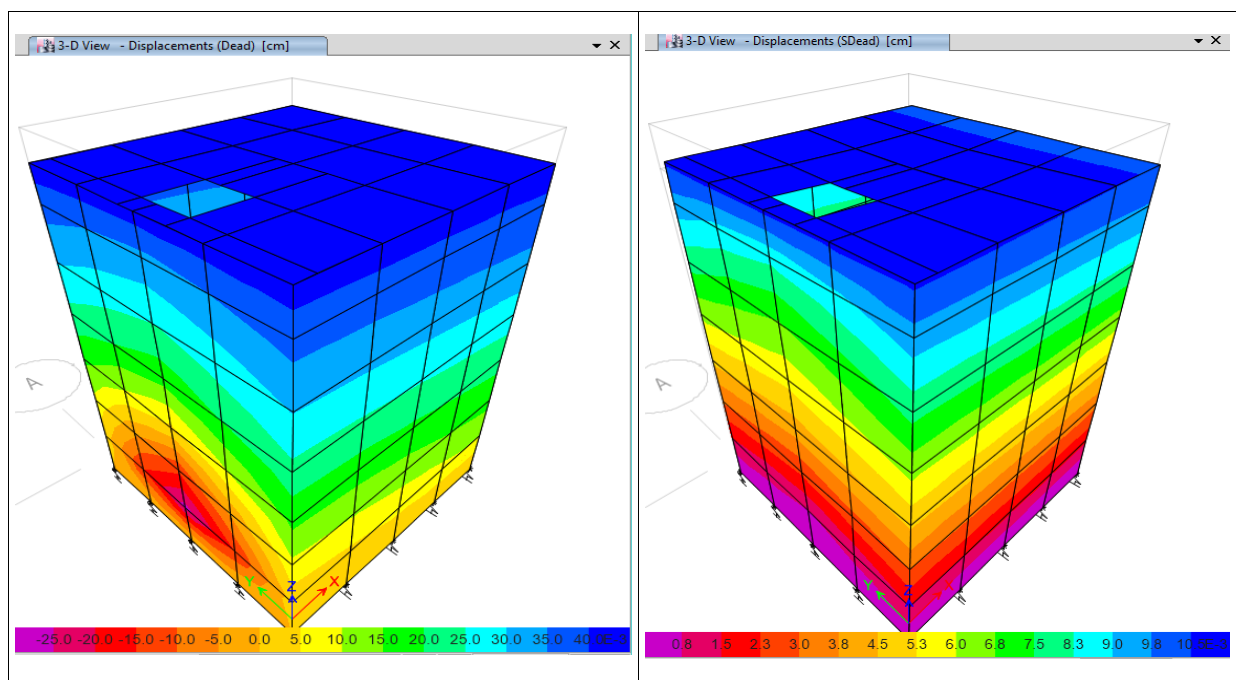
COMBINACIONES DE CARGA CON AFECTACIÓN POR DURABILIDAD		
COMB1	2,57 D + 2,57 F	
COMB2	2,21 D + 2,21 F + 2,94 L + 2,94 H	
COMB3	1,20 D + 1,20 F + 1,00 E + 1,60 H + 1,00 L	
COMB4	0,90 D + 1,20 F + 1,00 E + 1,60 H	

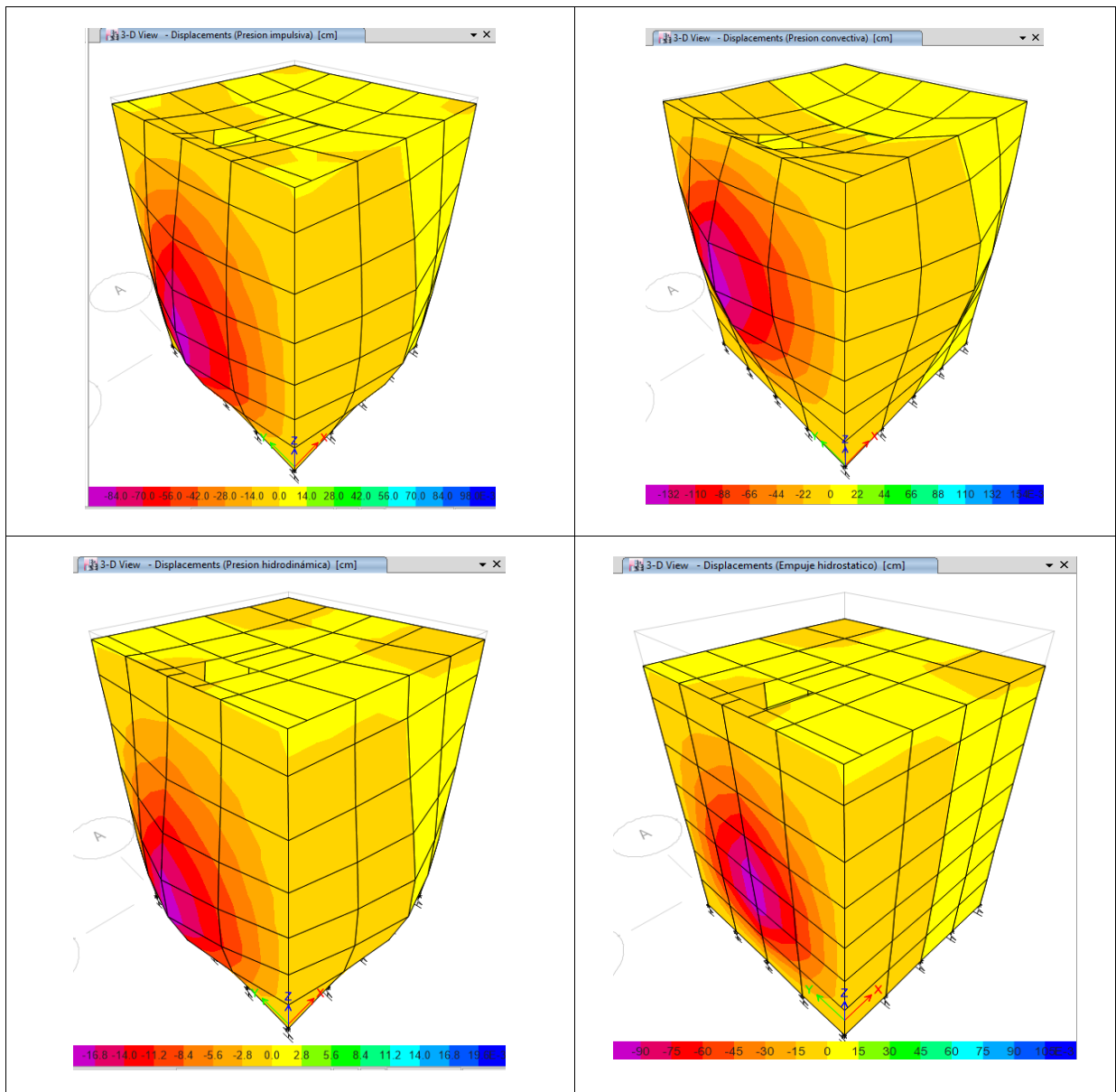
D	CARGA MUERTA
F	CARGA DE PRESIÓN DE FLUIDOS
L	CARGA VIVA
H	CARGA POR PRESION DE SUELO Y NIVEL FREÁTICO
E	CARGA POR SISMO

## 3. ANÁLISIS Y DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 3.1 DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS

Para las cargas aplicadas al tanque, según los cálculos presentados anteriormente, se tiene la siguiente respuesta de desplazamientos máximos:





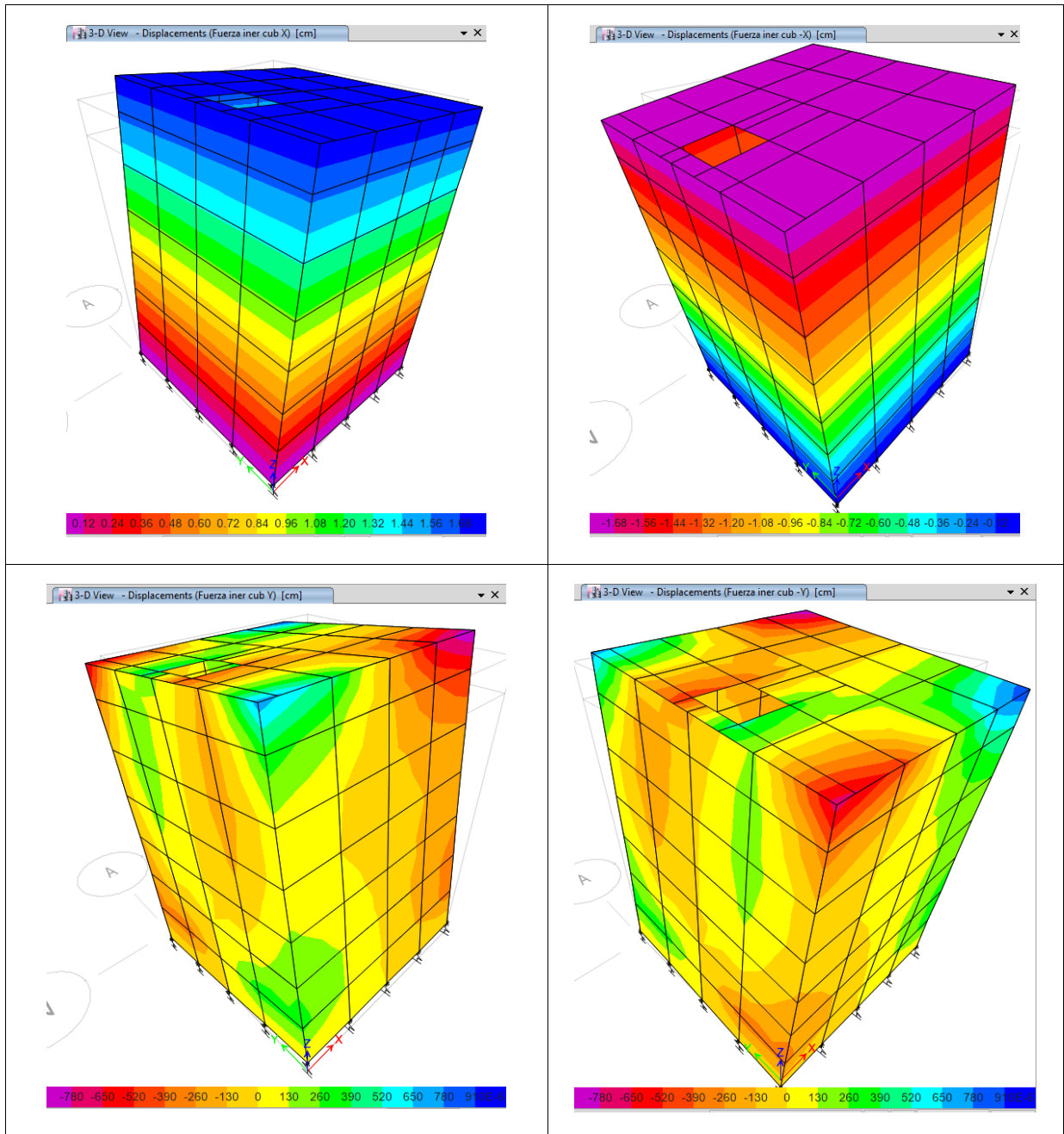
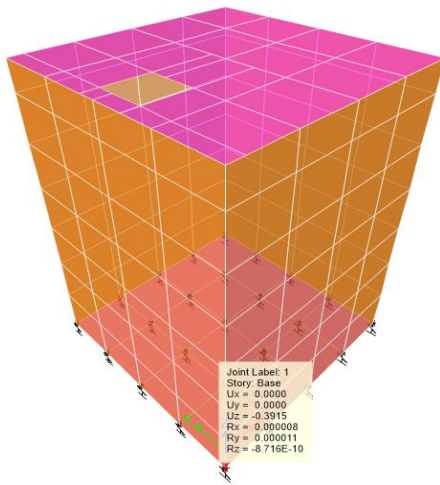


Tabla No 3-5 Desplazamientos máximos en la estructura para cada carga analizada.

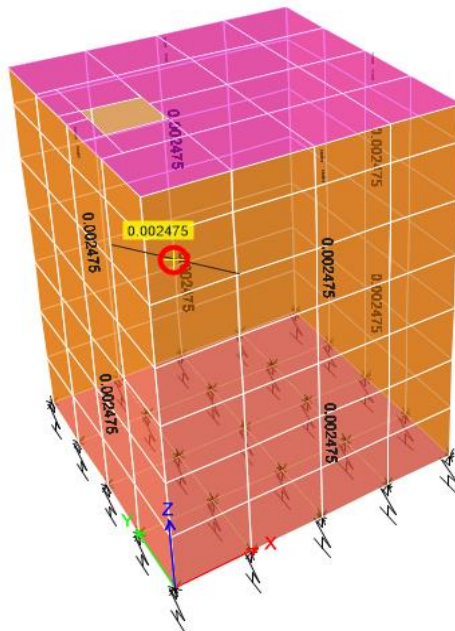
3-D View - Displacements (Servicio2) [cm]



(Ver página 46 estudio de suelos.)

### 3.2 DISEÑO DE MUROS Y PLACAS (FONDO Y SUPERIOR)

3-D View Pier Longitudinal Reinforcing Areas (m<sup>2</sup>) (ACI 318-14)



Para barras de  $1/2"$  dispuestas en dos caras, se requiere una separación mínima de 16.66 cm  $\approx$  15 cm. La separación entre barras afecta directamente los parámetros de durabilidad del material.

---

**13**

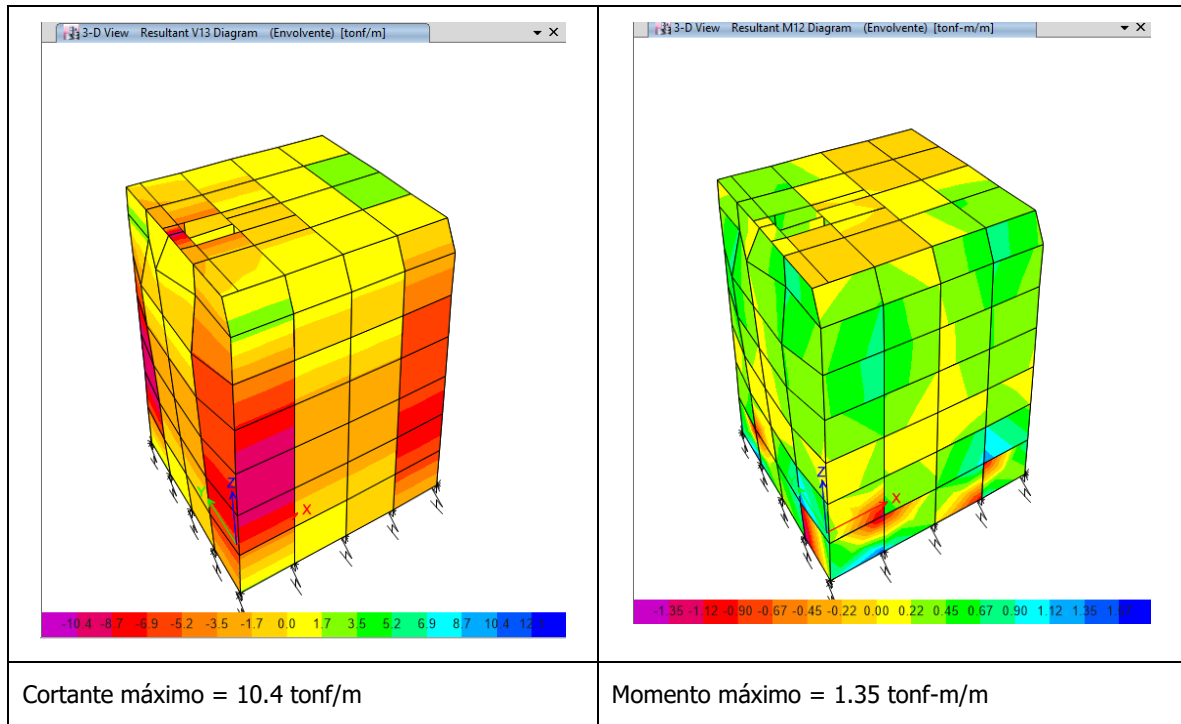


Tabla No 3-6 Esfuerzos máximos de cortante y momento flector para combinación de carga crítica.

DISEÑO MUROS					
Altura (H) =	5.20	m	(Hasta apoyo viga cimentación)		
Esp Muros =	30	cm	Altura (d) =	23	cm
Momento Negativo =	1.57	Ton-m/m	Momento Positivo =	2.00	Ton-m/m
Cortante en el Borde =	10.40	Ton/m			
	3.101235 K			3.950617 K	
	3780 0.9*fy			3780 0.9*fy	
	0.000827 RO			0.001056 RO	
	0.00300 RO DEF	RO Min = 0.003		0.003000 RO DEF	RO Min = 0.0030
Ref. Requerido As =	6.8	cm <sup>2</sup> /m	Ref. Requerido As =	6.8	cm <sup>2</sup> /m
vc =	8.30	Kg/cm <sup>2</sup>	v max =	32.87	Kg/cm <sup>2</sup>
vu =	4.89	Kg/cm <sup>2</sup>			
vu < vc ==>	OK	No necesita estribos			

$$A_{s,min} = \frac{0.25 \cdot \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d > 1.4 \cdot b_w \cdot d / f_y$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} > 0.0030 \quad (\text{Refuerzo vertical})$$

Se prefieren diámetros y separaciones menores para minimizar fisuras en el tanque.



### 3.2.2 Placa de fondo tanque $e=25$ cm

Para el diseño de la placa de fondo se usa el software de análisis y diseño SAFE2016, con el que se puede determinar el acero de refuerzo requerido en ambas caras de la placa de fondo de 25 cm de espesor:

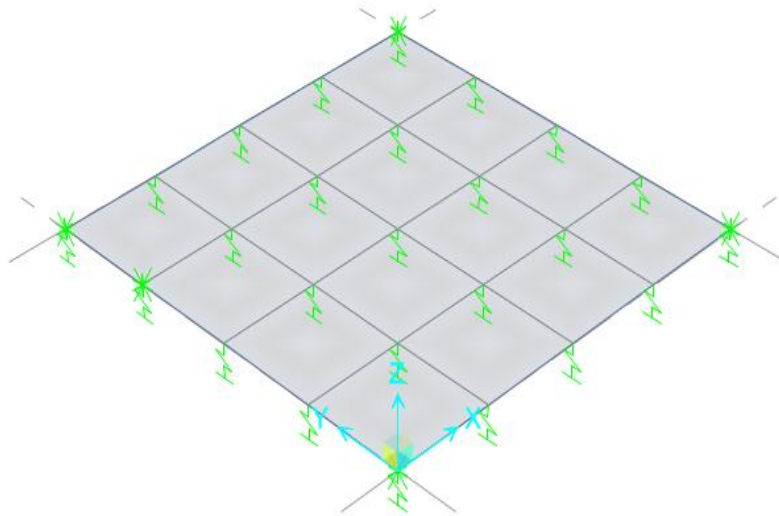


Figura No 1-6 Modelo numérico en SAFE 2016, placa de fondo, apoyos tipo spring y restricciones en Ux,Uy.

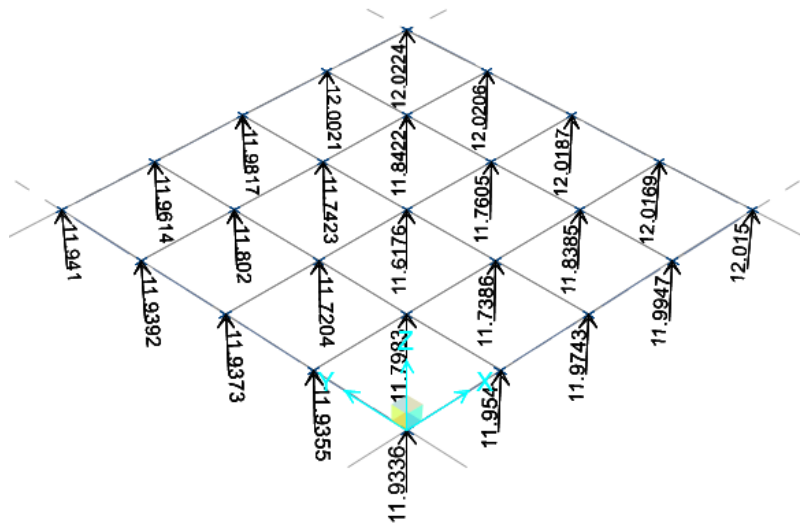


Figura No 1-7 Reacciones para envoltorio última.

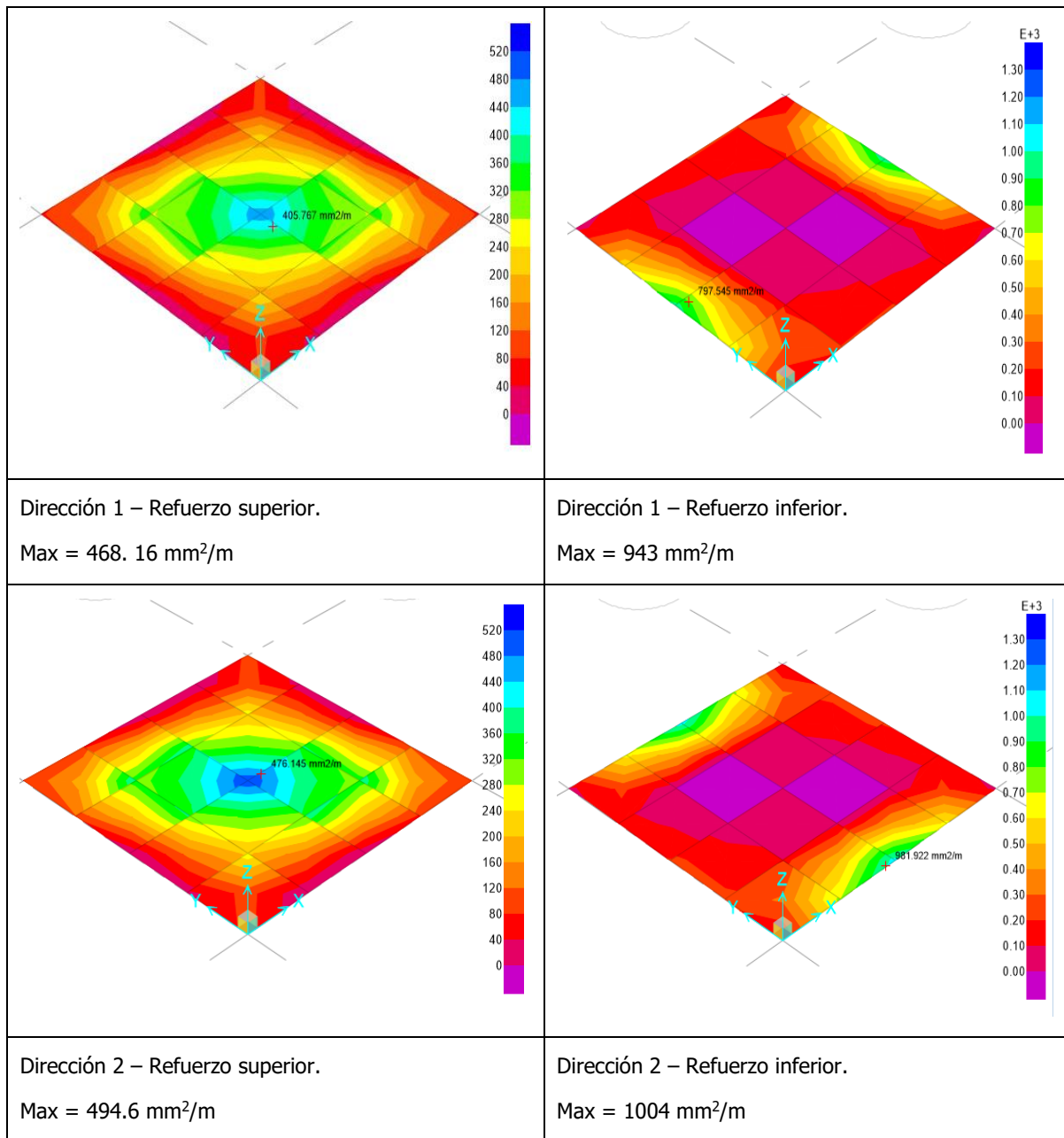


Tabla No 3-7 Refuerzo en mm²/m para cada una de las caras de la losa de fondo. Dirección 1 coincide con la dirección X global, dirección 2 con la dirección Y global.

### 3.2.3 Placa superior tanque e=25 cm

Para el diseño de la placa de la placa superior del tanque también se hace uso del software de análisis y diseño SAFE2016, con el que se puede determinar el acero de refuerzo requerido en ambas caras de la placa de fondo de 25 cm de espesor:

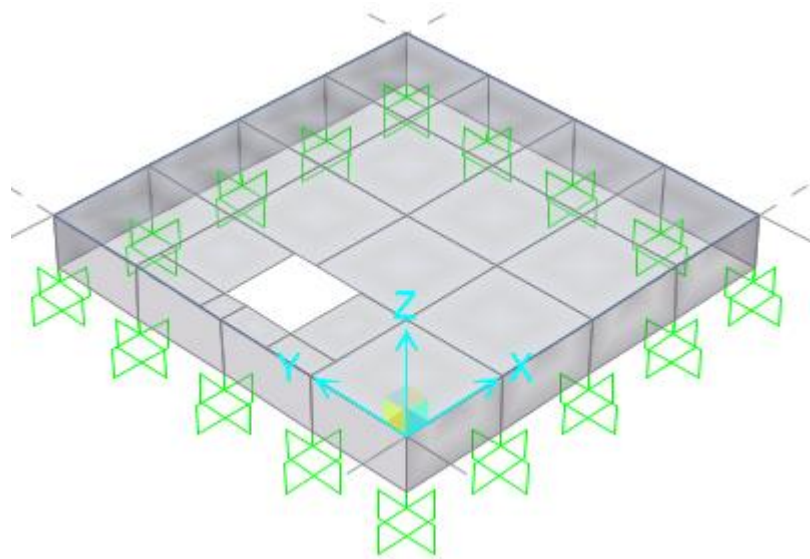
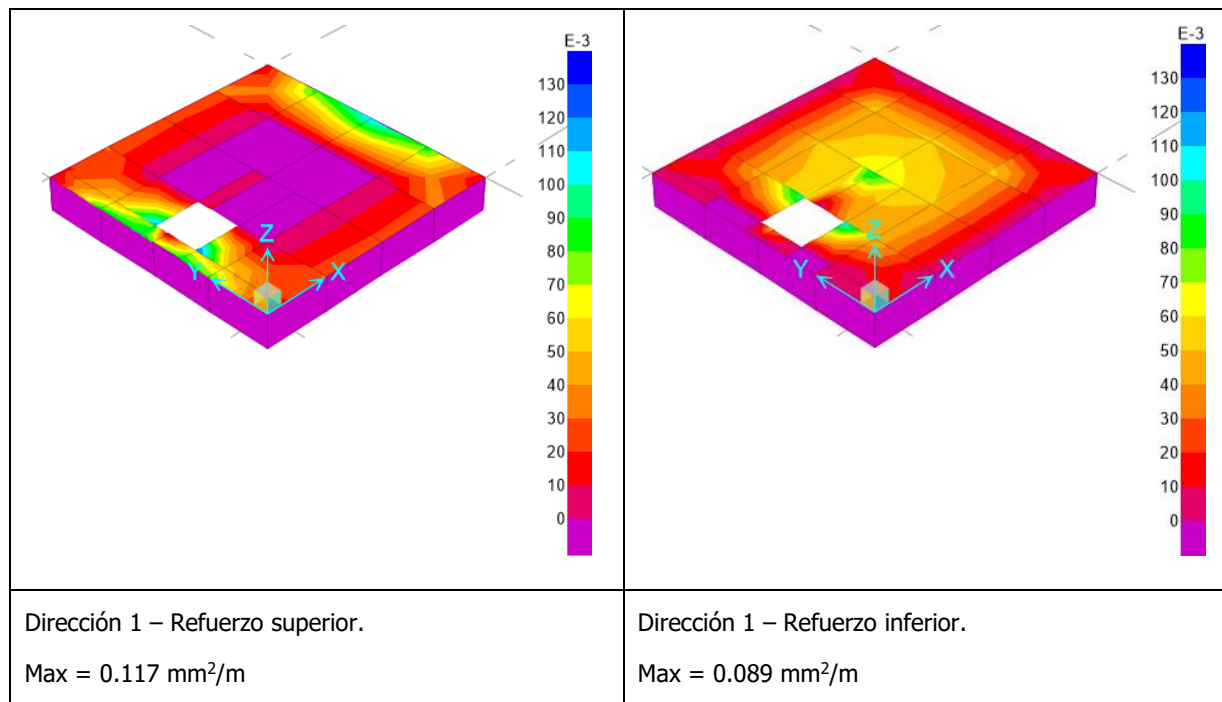


Figura No 1-8 Modelo numérico placa superior tanque en SAFE 2016.



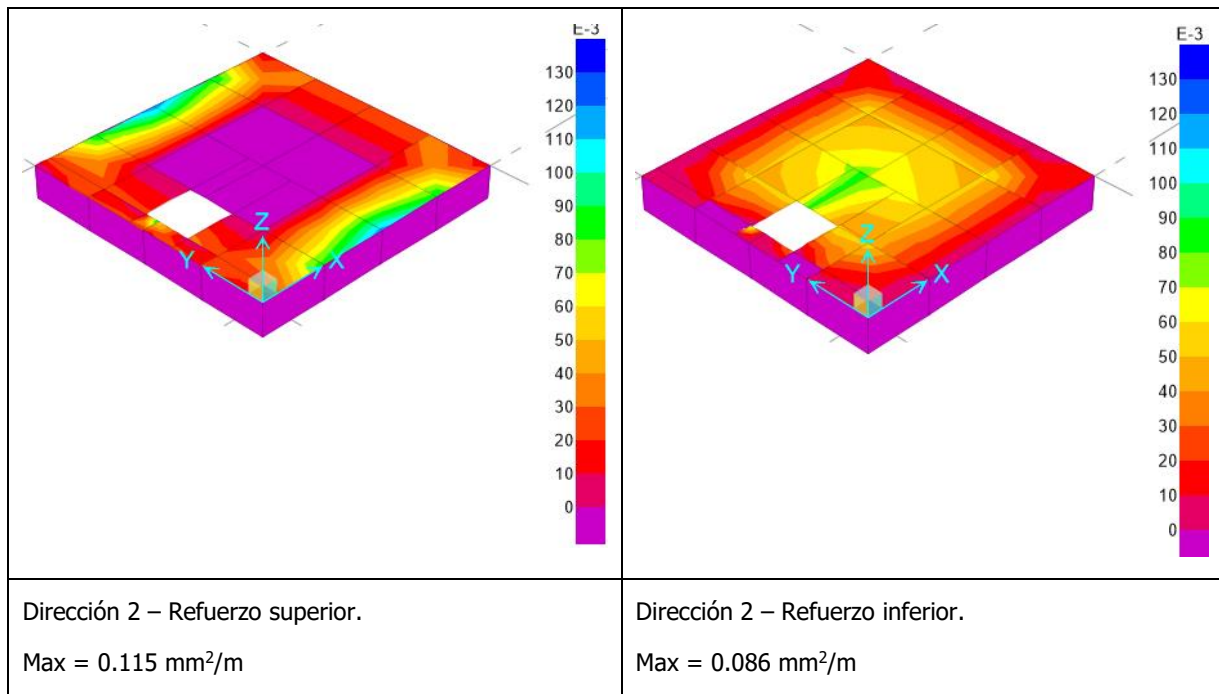


Tabla No 3-8 Refuerzo en mm<sup>2</sup>/m para cada una de las caras de la placa superior. Dirección 1 coincide con la dirección X global, dirección 2 con la dirección Y global.

Es así que teniendo en cuenta el refuerzo mínimo del muro, la condición en la que se permite barras de refuerzo iguales o superiores a la N°4, y además una separación del refuerzo que minimice las condiciones que puedan afectar la durabilidad del tanque, se propone la siguiente distribución de refuerzo en los elementos estructurales:

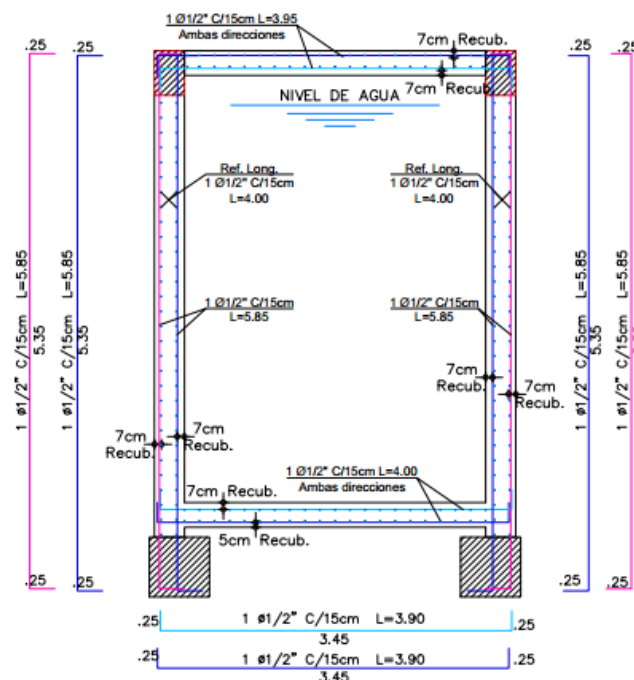
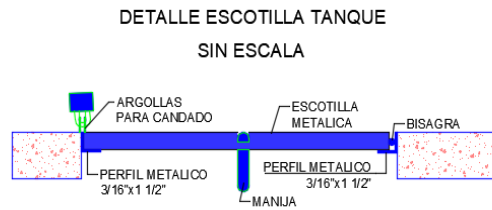


Figura No 1-9 Refuerzo tanque de almacenamiento.

### 3.3 OTRAS CONDICIONES DE CONSTRUCCIÓN:

- Se recomienda el uso de una escotilla metálica anclada a la placa de concreto de 25 cm de espesor a través de perfiles metálicos tipo L.



- El acceso al tanque debe hacerse a través de una escalera removible con el fin de garantizar la calidad del agua potable almacenada, evitando que se contamine por los agentes generados por los materiales que reaccionan químicamente con el agua.
- Se ha tenido en cuenta los espesores mínimos de los muros según la ACI 350.2R-04 según se muestra en la siguiente tabla:

Descripción	Altura del muro	Espesor mínimo	Ubicación acero de refuerzo
Concreto vaciado en el sitio	Más de 3m	30cm	Ambas caras
	Entre 1.2m y 3m	25cm	Ambas caras
	Menos de 1.2m	15cm	Centro del muro
Concreto prefabricado	1.2m o más	20cm	Centro del muro
	Menos de 1.2m	10cm	Centro del muro

Tabla No 3-9 Espesores mínimos de muros recomendados por la ACI 350.2R-04 según el tipo de vaciado/colocación del concreto.